Aus dem Strahleninstitut (Prof. Dr. Voltz) der Universitätsfrauenklinik München (Vorstand Prof. Dr. Heinrich Eymer) und dem Zahnärztlichen Institut der Universität München (Vorstand Prof. Dr. P. P. Kranz).

Berufsschäden durch radioaktive Substanzen mit Berücksichtigung der Schädigungen im Bereich der Mundhöhle in der Leuchtfarbenindustrie.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der Zahnheilkunde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

JOSEF AUMÜLLER
Zahnarzt
aus München.

19 NOLTE 38

DISSERTATIONS-VERLAG G. H. NOLTE DÜSSELDORF

Referent: Prof. Dr. P. P. Kranz.

Dekan: Prof. Dr. Broemser.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

EINTEILUNG.

Einleitung:

1. Begriff der radioaktiven Substanzen . . . 5
2. Entdeckung der radioaktiven Substanzen und geschichtlicher Überblick 5

Allgemeiner Teil:

1. Übersicht über die radioaktiven Substanzen, ihre Strahlung, Halbwertzeit und Umwandlungen . 6
2. Physikalische Bemerkungen 6
3. Biologische Bemerkungen 7
4. Verwendung der radioaktiven Substanzen und ihre besondere Bedeutung und Anwendung in der Heilkunde 9

Besonderer Teil: Berufsschäden durch radioaktive Substanzen . . 11

I. Schädigungen der Körperoberfläche, der Haut 12

II. Schädigung der inneren Organe . . . 14

1. Lokaler Art: Lunge 14
   a) Schneeberger Lungenkrankheit . . . 14
   b) Joachimstaler Bergkrankheit . . . 16
   c) Lungenschädigungen in Radiumfabriken und -Laboratorien 17
2. Allgemeiner Art; Allgemeinvergiftung (Blut und blutbildende Organe) 21

III. Schädigung der Zähne, Kiefer, Mundschleimhaut in der Leuchtfarbenindustrie . . . 25

IV. Störungen des Allgemeinbefindens, Radiumkater 28

Schluß: Kurze Zusammenfassung und Maßnahmen zur Verhütung bezw. Einschränkung dieser Schäden.

Unter radioaktiven Substanzen versteht man nach Rutherford im allgemeinen Stoffe, die wie Uranium, Thorium, Radium und ihre Verbindungen die Eigenschaft besitzen, selbständig und fortgesetzt Strahlen auszusenden, die imstande sind:

1. lichtundurchlässige Stoffe zu durchdringen,
2. die lichtgeschützte photographische Platte zu schwärzen,
3. elektrische Körper zu entladen (Ionisation),
4. Fluoreszenz und Phosphoreszenz hervorzurufen.

Die wichtigste Erscheinung dabei ist, daß jede radioaktive Substanz unter Abgabe dieser Strahlen spontanen Atomzerfall und eine Umwandlung in ein neues chemisch ganz verschiedenes Element erleidet, somit also wiederum Ausgangspunkt einer anderen Substanz wird, die selbst wieder charakteristische durchdringende Strahlung aussendet.

Die Entdeckung der radioaktiven Substanzen war die unmittelbare Folge der Entdeckung der Röntgenstrahlen. Eine Prüfung verschiedener Substanzen auf ihre Fähigkeit, dunkle Strahlen, ähnlich denen der Röntgenstrahlen, abzugeben, führte 1896 zur Feststellung der Radioaktivität des Urans und seiner Verbindungen durch H. Becquerel. Die gleiche Eigenschaft wurde bald darauf auch bei Thorium durch G. C. Schmidt und unabhängig davon durch Frau Courie nachgewiesen. Nach eingehenden Untersuchungen der in der Natur vorkommenden Mineralien des Urans gelang 1898 dem Ehepaar Courie die Darstellung zweier besonders stark strahlender Elemente in der Pechblende, des Poloniums und des Radiums. Dies gab nun den Anstoß für eine umfassende Erforschung des neuen Gebietes, die zur Auffindung einer großen Reihe radioaktiver Substanzen teils aus Uran, teils aus Thormineralien, führte. So wurde 1899 durch Debierne und Giesel das Aktinium, weiterhin Radioblei von Hoffmann und 1907 Radiothor und Mesothor durch Hahn entdeckt. Ferner fanden Boltwood und gleichzeitig Hahn 1907 Ionium, Campell konnte die Radioaktivität von Kalium und Rubidium nachweisen und 1918 fanden Hahn und Meitner das Protaktinium. Bis heute ist die Zahl der radioaktiven Elemente erheblich gestiegen. Einen großen Einfluß für den raschen Fortschritt unserer Kenntnis der radioaktiven Körper hatte die 1903 von Rutherford und Soddy aufgestellte Atomzerfallstheorie, die in die vielen einzelnen Feststellungen und unzusammenhängenden Beobachtungen der radioaktiven Erscheinungen Klarheit brachte und sie in ein einheitlich Ganzes zusammenfaßte. Nach dieser Theorie wandelt sich jedes strahlende Element unter spontanem Atomzerfall und dadurch bedingter Strahlenabgabe nach einer ungemein verschiedenen Lebensdauer in ein anderes von jeweils geringerem Atomgewicht um, bis schließlich eine inaktive Substanz übrig bleibt.

Wir kennen drei, zahlreiche Glieder umfassende Umwandlungsreihen, die nach ihren Stammvätern benannt sind, die Uran, die Thor und die Aktiniumreihe.

Übersicht über die radioaktiven Substanzen (nach O. Hahn).

Uran-Radium Familie	Halbwertzeit	Strahlung	Aktinium-Familie	Halbwertzeit	Strahlung	Thorium-Familie	Halbwertzeit	Strahlung
Uran I	5.10^9 Jahre	α						
Uran X_1	24 Tage	β						
Uran X_2	1.15 Min.	β, γ						
Uran II	ca. 10^8 Jahre	α						
Uran Y	25.5 Std.	β				Thorium	c.1.7.10^{10}J.	α
Protaktinium	1.2.10^4 Jahre	α	Protaktinium	1.2.10^4 J.	α	Mesothor 1	6.7 Jahre	?
Ionium	ca. 10^5 „	α	Aktinium	ca. 20 „	?	Mesothor 2	6.2 Std.	β, γ
Radium	1600 „	α, β	Radioaktin.	18.9 Tg.	α, β, γ	Radiothor	1.9 Jahre	α, β
Radimemanation	3.83 Tage	α	Aktinium X	11.4 „	α	Thorium X	3.64 Tage	α
Radium A	3 Min.	α	Aktiniumem.	3.9 Sek.	α	Thoriumem.	54.5 Std.	α
Radium B	26.8 „	β, γ	Aktinium A	0.002 „	α	Thorium A	0.14 „	α
Radium C	19.5 „	α, β, γ	„ B	36 Min.	β, γ	„ B	10.6 „	β, γ
Radium C^1	ca. 10^{-6} Sek.	α	„ C	2.15 „	α, β	„ C	61 Min.	α, β
Radium D	16 Jahre	β, γ				„ C^1	10^{-11} Sek.	α
Radium E	4.84 Tage	β, γ				„ D	—	—
Radium F (Polonium)	136 „	α						
Radium G (Blei)	—							

Physikalische Bemerkungen.

Wie vorstehende Tabelle zeigt, knüpfen sich alle bekannten, radioaktiven Prozesse an den Zerfall der beiden Elemente Uran und Thor. Deren Umwandlung führt zu einer großen Reihe genetisch untereinander zusammenhängenden, teils langlebigen, teils rasch sich weiter umwandelnden Zerfallsprodukten. Die Lebensdauer der einzelnen Elemente wird durch die Halbwertzeit ausgedrückt, das ist die Zeit, in der eine radioaktive Substanz bis auf die Hälfte abnimmt. Die beim Zerfall auftretende Strahlung ist nicht homogen; wir unterscheiden drei Strahlenarten:

a) die α Strahlen oder α Teilchen sind mit zwei positiven Elementarladungen versehene Heliumatome von geringer Durchdringungskraft, die im magnetischen Feld eine Ablenkung erfahren. (Grenze für Unwirksamkeit der Strahlen 0,07 mm starke Aluminium folie).

b) die β Strahlung besteht aus negativ geladenen Elektronen. Sie ist identisch mit stark beschleunigten, das heißt bei hohen Spannungen erzeugten Kathodenstrahlen. Die Geschwindigkeit der β Strahlen ist nicht einheitlich; es gibt weiche, mittlere und harte Strahlen. Von den α Strahlen unterscheiden sie sich durch stärkeres Durchdringungsvermögen (Grenze für die härtesten Strahlen 6 mm Aluminiumschicht) infolge ihrer höheren Geschwindigkeit und kleinen Masse (ca. 1/1800 des Wasserstoffatoms) und durch die verschiedene Ablenkung im magnetischen Feld.

c) Die γ Strahlung.

Während α und β Strahlung Korpuskularstrahlung darstellt, ist im Gegensatz dazu die γ Strahlen ohne jede Masse, reine Wellenbewegung. Sie besitzt ein sehr hohes Durchdringungsvermögen (20—30 cm dicke Bleiplatten) und ist im magnetischen Feld nicht ablenkbar. Die Strahlungen sind als elektromagnetische Schwingungen aufzufassen, deren Wellenlänge kürzer ist als die der härtesten Röntgenstrahlen.

β und γ Strahlen erzeugen beim Auftreffen auf feste Körper und in deren Innern Sekundärstrahlen vom Charakter der β Strahlen verschiedenen Härtegrades. Die Intensität wächst mit Atomgewicht und Dicke des getroffenen Materials. Die Härte ist durchwegs geringer als die der primären Strahlen (Machè und Meyer).

Zur Strahlenmessung dient ein Elektroskop. Als Maßeinheit gilt das Curie, welches der Emanationsmenge, die mit 1 g Radium im Gleichgewicht steht, entspricht. Da sich diese Einheit für praktische Zwecke als zu groß erwies, wurde das Eman $= 10^{-10}$ Curie, bezogen auf 1 Ltr. Luft oder Flüssigkeit, eingeführt. In der Medizin rechnet man mit der Mache Einheit (ME). ME ist der tausendste Teil des in elektrostatischen Einheiten (ESE) gemessenen Ionisationsstromes, den die Strahlen bei voller Ausnützung ihrer Reichweite erzeugen, bezogen auf 1 l. 1 ME = 1/1000 ESE und entspricht $3{,}64.10^{-7}$ MC (Milli-Curie); daher ist ein ME 3,64 Eman.

Die Emanation ist im Gegensatz zu sämtlichen übrigen Vertretern der Umwandlungsreihen in gasförmigem Zustand. Sie ist bemerkenswert für die Radium- und Thoriumreihe. Sowohl die Radium- wie die Thoriumemanation sind Edelgase; sie unterscheiden sich durch die Halbwertzeichen. Von ausschlaggebender Bedeutung ist die Emanation für die Bestimmung des Gehaltes an Radiumelement in Präparaten, da ihre Bildungsgeschwindigkeit auf gesetzmäßiger Grundlage beruht.

•

Biologische Bemerkungen.

Die biologische Wirkung der radioaktiven Körper beruht auf dem Strahlenreiz. Unter Reiz ist nach Mangold jede äußere Veränderung zu verstehen, die auf lebende Substanz so einzuwirken vermag, daß diese mit Veränderung im Laufe ihrer Lebensvorgänge reagiert. Die Veränderungen nehmen zu mit Dauer und Intensität der einwirkenden Strahlen. Anfangs wurde diese Wirkung nicht sofort erkannt, da immer erst nach einer gewissen Latenzzeit eine Reaktion auftritt. Als Erster beobachtete Walkhoff eine an seinem Art nach zweimaliger Radiumbestrahlung von je 20 Min. Dauer

hervorgerufene Hautentzündung. Einen zweiten Versuch machte Giesel an sich, wobei nach 3 Wochen eine Dermatitis entstand, die infolge längerer Strahleneinwirkung zum geschwürigen Zerfall führte. Nach diesen beiden Versuchen erlitt auch Becquerel, allerdings unbeabsichtigt, die bekannte Brandwunde, als er ein mit Radium gefülltes Röhrchen mehrere Stunden in seiner Westentasche trug. Diese Ergebnisse konnte später Courie experimentell bestätigen. Damit setzte nun eine intensive Forschung ein, deren Folge die Begründung der experimentellen, bezw. vergleichenden experimentellen Strahlentherapie (Halberstädter, Kuznitzky) oder experimentellen Strahlenbiologie (Holthusen) war. Aus den Versuchen O. und G. Hertwig's und Halberstädter's geht hervor, daß der Angriffspunkt am menschlichen und tierischen Körper die Zelle ist und zwar ist der Zellkern der empfindlichste Teil; daneben zeigt auch das Protoplasma eine, wenn auch geringere Strahlenempfindlichkeit. Der Angriff kann direkt oder auch indirekt erfolgen, indem nämlich durch Veränderungen direkt bestrahlter Zellen auch nicht im Strahlenkegel gelegene Zellen mitbetroffen werden. Bezüglich der Strahlenwirkungen unterscheidet man je nach Intensität des einwirkenden Reizes:

a) reservible Wirkungen (Veränderungen mit Restitutio ad integrum),

b) bedingt reversible Wirkungen (Veränderungen mit Hinterlassung eines locus minoris resistentiae),

c) irreversible Veränderungen (diese bleiben und entwickeln sich fort — Strahlenschaden).

Über die Beziehung zwischen Strahlenmenge und Strahlenwirkung gibt es keine endgültige Regelung. Die Anwendung des Arndt-Schulze'schen biologischen Grundgesetzes, nachdem kleine Dosen erregend, mittlere hemmend, große zerstörend wirken, stößt in der Strahlenbiologie auf Schwierigkeiten. Die Förderung zellulärer Prozesse durch kleine Dosen ist stark umstritten (Caspari, Desjardin, Holtzknecht, Laser, Schwartz). Neben der Dosis, der Einwirkungszeit, der Strahlenart ist für den Grad der Wirkung die spezifische Strahlenempfindlichkeit der Zellen und Gewebe entscheidend. Nach dem Gesetz von Bergonié und Tribondeau ist die biologische Strahlenwirkung umsogrößer, je größer die reproduktive Tätigkeit einer Zellenart ist, je länger ihr karyokinetischer Werdegang und je geringer die Zelle in morphologischer und funktioneller Hinsicht festgelegt ist. Die Strahlenempfindlichkeit der Zellen und Gewebe hängt von folgenden Faktoren ab:

a) In erster Linie von dem Grad der Differenzierung, sowie dem Aktionszustand (Zellteilung oder Ruhe). Hohe Strahlungsempfindlichkeit ist ein Befund aller Gewebe, sowohl der normalen wie der pathologischen, deren Zellen lebhafte Teilungsvorgänge aufweisen.

b) Vom Zellstoffwechsel. Erhöhung des Zellstoffwechsels bringt Erhöhung der Strahlenempfindlichkeit;

c) Vom Quellungszustand der Kolloide. (Bei Erhöhung Steigerung der Empfindlichkeit).

d) Von dem den bestrahlten Bezirk umgebenden Gewebe und schließlich

e) von der Konstitution des Gesamtorganismus.

Die Strahlenwirkung ruft an der Zelle einmal morphologische Veränderungen hervor: Diese sind:

a) Zytolyse mit Pyknose des Zellkerns, Kernzerfall, Verflüssigung des Zelleibes unter Vakuolenbildung,
b) Anomalien der Zellteilung,
c) Ernährungsstörungen und
d) Koagulationsnekrose.

Weiterhin kann man eine Beeinflussung der Lebensvorgänge der Zelle feststellen in folgender Weise:

a) Hemmung oder Aufhebung der Beweglichkeit,
b) Hemmung der reproduktiven Tätigkeit und des Wachstums (Arbeiten von Andersen, A. Fischer, Juul und Kemp, Laser, E. Meyer).
c) Beeinträchtigung der spezifischen Zellfunktion (Hemmung der Drüsensekretion, teils sofort, teils nach vorhergegangener scheinbarer Leistungssteigerung).
d) Störung der Zellernährung.
e) Änderung des Zellstoffwechsels (Ähnlichkeit mit dem der bösartigen Tumorzelle-Ansteigen der aeroben und anaeroben Glykose bis zum Doppelten des Normalwertes).

Als Maßstab der Strahlenwirkung dient die sogenannte Latenzzeit, das ist die Zeit, die vom Anfang der Bestrahlung bis zum Eintritt eines bestimmten Zustandes verstreicht.

Verwendung der radioaktiven Substanzen und ihre besondere Bedeutung und Anwendung in der Heilkunde.

Die einzelnen radioaktiven Substanzen sind teils als Substanz, teils als Strahlenquelle von Wert. Besondere Bedeutung haben diejenigen, die durch ihre Lebensdauer und ihre Strahlenabgabe eine weitgehende Ausnützung ermöglichen. Verwendung finden Sie einmal in der Wissenschaft zu chemischen und physikalischen Versuchen, dann in der Industrie zur Herstellung von Leuchtfarben und Imprägnierung von Gasglühstrümpfen; von größter Wichtigkeit sind sie für die Medizin und zwar für die Strahlentherapie, die auf der hemmenden bzw. zerstörenden Wirkung ihrer Strahlen aufgebaut ist. Die für therapeutische Zwecke in Frage kommenden Substanzen sind in der Übersichtstabelle Seite 6 unterstrichen; in der Hauptsache sind es das Radium, die Radiumemanation, ferner Mesothorium und das Thorium X. Zur Anwendung gelangen die radioaktiven Substanzen in drei Formen: 1. als Salz, 2. als Emanation, 3. als radioaktiver Niederschlag. Unter letzterem sind die Umwandlungsprodukte der Emanation in ihrer Gesamtheit zu verstehen; auf ihm beruht hauptsächlich die medizinische Wirksamkeit des Radiums.

Bei der Bestrahlung mit radioaktiven Präparaten bedient man sich verschiedener Apparate, sogenannter Träger, die je nach ihrem Zweck (Flächen-, punktförmigen, Oberflächen, Tiefen-Bestrahlung) sehr verschiedenartig sind.

Als erste Anwendungsform sind die Stoffträger zu erwähnen; das sind verschiedene große Stofflappen, auf denen das Salz mit Firnis oder Lack fixiert wurde. Mit ihnen wurden ausgedehnte oberflächliche Dermatosen bestrahlt; sie erwiesen sich nicht als sehr zweckmäßig (Substanzverlust). Als weitere Trägerart kennen wir die Dominici-Röhrchen; diese enthalten die radioaktive Substanz als Pulver oder Emanation in zugeschmolzenen Glasröhrchen, die in genau passende Metallhülsen (Silber Platin) gebracht werden. Mit diesen Röhrchen können nur kleine Felder bestrahlt werden; mit großem Vorteil werden sie bei der Bestrahlung von Hohlorganen (Tiefentherapie) verwendet. Neben den Dominici-Röhrchen gibt es neuerdings Röhren aus Platin-Iridium, in die das radioaktive Präparat direkt eingefüllt ist. Durch leichte Neben- und Hintereinanderschaltung in röhren-, kästchen- und plattenförmigen Trägern lassen sie eine vielseitige Anwendungsmöglichkeit zu. Als dritte Trägerform haben wir die radioaktiven Nadeln, das sind Hohlnadeln aus Gold, Platin, Silber oder Stahl, die mit Salzen oder emanationshaltigen Glaskapillaren gefüllt sind. Sie eignen sich ebenso wie die Thorium-X-Stäbchen am besten zur intratumoralen Behandlung. Zu flächenförmigen Bestrahlungen (Haut) dienen schließlich plattenförmige Träger aus Metall. Wie in der Röntgentherapie verwendet man auch bei den radioaktiven Stoffen zur Ausschaltung nicht gewünschter Strahlenwirkung geeignete Schirme oder Filter meist aus Metall von verschiedener Stärke, die die einzelnen drei Strahlenarten absorbieren oder abfiltern, bevor sie ins Gewebe eindringen.

Bei der medizinischen Anwendung der radioaktiven Substanzen kennen wir zwei Behandlungsformen, „die Radiumstarkbestrahlung" und die „Radiumschwachbestrahlung". Die Starkbestrahlung beruht im wesentlichen auf der Wirkung der γ Strahlen. Sie dient namentlich zur Behandlung der bösartigen Geschwülste und zwar in Form der „Fern" oder der Kontraktbestrahlung oder der Spickmethode. Bei den beiden letzten Methoden ist die Corpuskularstrahlung mit wirksam. Bei der Fernbestrahlung wirkt das Präparat von einer gewissen Entfernung auf das zu bestrahlende Feld. Diese Methode kommt besonders in Frage bei größeren Feldern und ungleichmäßiger Oberfläche. Bei der Kontaktbestrahlung liegt der Träger auf dem zu bestrahlenden Feld auf. Bei der Spickmethode wird das Präparat direkt in das Gewebe gebracht und dort verteilt. Man nimmt dazu, wie schon erwähnt mit Radiumemanation gefüllte Glaskapillaren nach Janeway und Faila, sowie die Thorium-X-Stäbchen von Halberstaedter, ferner nach Lazarus mehr oder weniger gefilterte Röhrchen mit Mesothor oder Radiumbromid. Die intravenöse Applikation hat sich nicht bewährt. Bei der Spickmethode ist die Strahlung sehr erheblich.

Im Gegensatz zur Starkbestrahlung stützt sich die Radiumschwachbestrahlung auf die α und β Strahlenwirkung der Emanation bzw. auf die Strahlung des aktiven Niederschlags, der sich aus ihr bildet. Sie wird in der Hauptsache bei inneren Erkrankungen und zwar in Form der Inhalation, der Trink- und Badekuren sowie der Salbenbehandlung angewandt. Die Emanation ist bekanntlich ein Gas, läßt sich mit Luft mischen und ist im Wasser und noch besser in Öl löslich. Dementsprechend zeigt sie im menschlichen Körper eine besondere Affinität zu Lipoiden, besonders zu den Lipoiden des Nervensystems (daher die günstigen Erfolge bei Neuralgien).

Aus diesen Tatsachen ergeben sich die Anwendungsmöglichkeiten. Die Aufnahme in den Körper erfolgt auf drei Wegen:

1. Durch Einatmen mit Hilfe von Inhalationsapparaten,
2. Durch Resorption vom Darm bei Trinkkuren,
3. Durch Resorption von der Haut bei Badekuren.

Die Ausscheidung der Emanation erfolgt ziemlich vollkommen und zwar hauptsächlich durch die Lunge und daneben auch durch die Körperflüssigkeiten. Die resorptive Wirkung der Emanation besteht in Schmerzstillung, Blutdrucksenkung. (Markl), Gerinnungsbeschleunigung des Blutes (v. d. Velden), Hyperleukozytose (Markl), Steigerung des Gaswechsels (v. Benczur), und Hemmung von Fermenten (Falta, Neuberg, Wohlgemuth). Die Schwachbestrahlung wird speciell bei folgenden Erkrankungen angewendet: Bei sukabuten und chronischen Arthritiden, bei subakutem und chronischem Muskelrheumatismus, bei Myalgien, Neuralgien, Gicht, Hypertonien und Adnexitis.

Die radioaktiven Substanzen haben also infolge ihrer weitgehenden Verwendungsmöglichkeit hohe Bedeutung in der Strahlentherapie. Aber noch in anderer Hinsicht sind sie für den Arzt von großer Wichtigkeit. Wie schon erwähnt, vermögen ihre Strahlen sehr lebhaft auf den Organismus einzuwirken und hier Veränderungen bis zum Strahlenschaden somit verschiedene Krankheitsbilder hervorzurufen. Bei der Betrachtung dieser Erscheinungen können wir akute und chronische Formen unterscheiden. Die akuten Schäden entstehen als Folge zu intensiver Strahleneinwirkung durch Unachtsamkeit oder Überdosierung meist bei der therapeutischen Anwendung. Die chronischen Schäden sind auf jahrelange Einwirkung kleiner, an sich unschädlicher Strahlenmengen zurückzuführen, sie treten also bei Leuten auf, die beruflich viel mit radioaktiven Substanzen zu tun haben und sind als Berufskrankheiten anzusehen.

BESONDERER TEIL.

Berufsschäden durch radioaktive Substanzen.

Die beruflich gefährdeten Leute lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Die erste Gruppe umfaßt die Personen, die das Ausgangsmaterial für die Herstellung der radioaktiven Präparate, — die Uranerze für die Radiumpräparate und den Monazitsand für die Präparate der Mesothorreihe — gewinnen und daraus durch entsprechende Bearbeitung das reine Präparat darstellen, also Bergarbeiter und Arbeiter der verschiedenen Fabrikbetriebe. Zur zweiten Gruppe gehören diejenigen, die das reine Präparat verarbeiten, untersuchen und verwenden, das sind Chemiker, Physiker, Ärzte und deren Hilfskräfte. Die beruflichen Schädigungen durch Strahlen radioaktiver Substanzen zeigen sich auf der Körperoberfläche als lokale Erkrankung der Haut an der Einwirkungsstelle. Nicht selten sind die inneren Organe betroffen und es können schwere Erkrankungen der Lunge, des Blutes und der Blutbildungsstätten oder des Knochengewebes und weitere Allgemeinstörungen festgestellt werden.

Bei den beruflichen Hautschäden handelt es sich nach Halberstaedter um ganz allmählich einsetzende Veränderungen, die sowohl durch α, β und γ Strahlen, wie auch durch Sekundärstrahlen hervorgerufen werden. Der dermatologische Befund von 12 von ihm untersuchten Fällen weist folgende gemeinsame charakteristische Erscheinungen auf:

a) subjektiv: Paraesthesien in den Fingerspitzen, Abstumpfung des feinen Gefühls, Schmerzen beim Anfassen harter Gegenstände.

b) objektiv: Sitz überwiegend an den Nagelgliedern der ersten drei Fingerspitzen. Im Vordergrund steht eine Hyperkeratose, welche die Haut glatter, pergament- bis lederartig erscheinen läßt, die normale Hautzeichnung verwischt, und zu schmutzig aussehenden Hornauflagerungen unter und neben dem Nagelrande führt. Die Haut erscheint stellenweise getüpfelt; die Schweiß-Sekretion ist verringert.

Sehr eingehend berichtet Dautwitz über die durch radioaktive Strahlung hervorgerufene Hauterkrankung. An Hand einer reichen Anzahl von Fällen unterscheidet er drei Gruppen von Leuten, die durch ihren Beruf mehr oder weniger gefährdet sind. Dabei zeigen die Hautschäden einen mehr akuten oder chronischen Verlauf. Selbstverständlich treten diese noch nicht bei der Gewinnung der Muttersubstanz auf, da ja die Strahlung für die äußere Haut noch zu schwach ist. Erst bei Verarbeitung derselben, bei der Konzentrierung und Reindarstellung in Fabriken und Laboratorien sind sie bei den Arbeitern und Angestellten festzustellen. Die Veränderungen sind hier leichter Natur und ziemlich ähnlich den von Halberstädter beschriebenen, also Trockenheit der Haut, kleine oberflächliche Risse, Schuppung, Brüchigkeit der Nägel, Haarausfall. In einigen Fällen stellten sich heftige Schmerzen, Brenngefühl, Rötung, Spannungsgefühl und Schwellung ein. In einem Fall kam es auch zur anfangs serösen, später eitrigen Blasenbildung. Nach einer verschiedenen langen Zeit verschwanden bei allen Fällen diese Erscheinungen und es trat Heilung ein. Hier möchte ich noch kurz einen Fall einer gewerblichen Thoriumschädigung einer Arbeiterin bringen. Die 17jährige Arbeiterin war ca. 2 Jahre lang mit der Imprägnierung von Gasglühstrümpfen mit wässeriger Thoriumnitratlösung beschäftigt. Nach etwa einjähriger Tätigkeit trat eine erhebliche und immer stärker werdende Dermatitis auf der Haut beider Handrücken, besonders des rechten und in einzelnen Herden auf dem Vorderarm auf. Das klinische Bild ähnelt der chronischen Radium- und Röntgendermatitis leichteren Grades. Die gesamte Hautdecke ist hypertrophisch und charakteristisch gerötet; das ganze Gewebe ist serös durchtränkt und polsterartig weich gequollen. Die Interdigitalfalten zeigen weißglänzende Hyperkeratosen und Nekrotisierung in der Mitte. Die Nägel erscheinen infolge der Schwellung der Epidermis tief eingebettet. In der vola manus ist eine beginnende Atrophie zu erkennen. — Der histologische Befund zeigt schwere Veränderungen der Epidermis und Cutis. Das Epithel ist in vielfache lange, fingerförmige Zapfen ausgezogen. In den obersten Zellagen beachtet man Zellquellungen mit Hohlräumen; die Kerne nehmen wabenförmiges Aussehen an. Das Bindegewebe, sowie die Elastika ist in den mittleren und tieferen Partien zugrundegegangen.

Die Angehörigen der zweiten Gruppe, Chemiker und Physiker, erleiden die intensivsten Hautläsionen, da sie ja am meisten mit hochaktiven Präparaten in Berührung kommen. Die sind am häufigsten an den Händen und zwar in der Hauptsache an den Fingerkuppen des Daumens, Zeige- und Mittelfingers, was besonders charakteristisch ist. Sie beginnen mit Hitzegefühl und Jucken in den Fingern; es schließen sich Rötung und Schwellung an, die in Blasenbildung übergehen kann. Zuletzt schuppt sich die Haut und schält sich ab. Die Heilung ist hier sehr langwierig und meistens nicht endgültig. Diese Dermatitis geht infolge der häufigen Berührung entweder mit Gewöhnung einer, sodaß die eben erwähnten Erscheinungen später nicht mehr so heftig auftreten, daher übersehen bezw. vernachlässigt werden, oder aber, was viel häufiger auftritt, sie führt zu einer Steigerung der Empfindlichkeit, sodaß schon nach kurzen Berührungen schwere Hautreaktionen auftreten. Frische Schübe können aber auch spontan entstehen (Analogen zu der von Miescher beschriebenen Röntgen-Dermatitis); der Endzustand der Haut gleicht dem der Röntgenatrophie. Die Fingerkuppen sind trocken und rissig, sehr schmerzhafte Rhagaden entstehen; die Haut, Nägel und Haare werden spröde, z. T. tritt Schrumpfung ein, z. T. hornartige Verdickung; es bilden sich kleine Pigmentflecke, Teleangiektasien, Warzen und subunquale Hyperkeratosen. Auch die Augenlider können befallen werden. Rötung, Schwellung, Ekzeme sind die Folge. Die Bindehaut zeigt typische Gefäßveränderungen bestehend in zahlreichen Einschnürungen und wurstartigen Erweiterungen des Gefäßrohres, welche bis in die Kapillaren zu erkennen sind.

Zuletzt sind noch Ärzte und ärztliches Hilfspersonal zu erwähnen, die bei der Anwendung radioaktiver Präparate den chronisch einwirkenden Schädigungen der Strahlen ausgesetzt sind. Auch bei ihnen finden sich die schon beschriebenen Erscheinungen an den Fingern, meist in geringerem Ausmaße. Gudzeit führt einen Fall des Breslauer Universitätenklinik an. Es handelt sich um eine Röntgenassistentin, die fast 20 Jahre mit der Ausführung von Bestrahlung mit Radium und Mesothor beschäftigt war. Hier waren die Veränderungen an den Fingern so hochgradig, daß sie über das Stadium der Atrophie hinausgingen, Ulzeration, sogar Epitheliombildung, zur Folge hatten, die ihrerseits die Ablatio eines Fingers bedingte. Einen weiteren Fall bringt H. Droschl, bei dem es sogar zur Krebsbildung kam. Dr. D. hatte schon von 1905—07 mit schwachstrahlenden Substanzen zu tun, ohne nachteilige Folgen zu bemerken. Seit 1911 beschäftigte er sich bis 1931 — mit ganz kurzen Unterbrechungen — mit konzentrierten, eingeschlossenen Radiumpräparaten. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen kam es 1913 zu einer zunehmenden Überempfindlichkeit gegen etwas höhere Temperaturen. In der Folge bemerkte Dr. D. Abnahme des Tastgefühls beider Zeigefinger; die Papillarlinie wurde undeutlich, Rissigwerden und Mangel an Elastizität der Haut ging mit dem Gefühl der Trockenheit einher. Weiter traten Pigmentflecken und Kribbeln an den Fingerspitzen auf. 1921 stellten sich Hyperkeratosen ein und zwar an der Vorderfläche der bereits deutlich atrophisch gewordenen Endphalangen. Dazu traten schmerzhafte Rhagadenbildungen in der Beuge der Interphalangealgelenke beider Zeigefinger und der Mittelfinger der linken Hand. Die Schweißsekretion hörte fast ganz auf.

An den Daumen und später auch an den übrigen Fingern zeigten sich bis 5 mm dicke subunquale Hyperkeratosen. An der Fingerbeere des rechten Ringfingers bildeten sich 1928 kleine, sehr empfindliche Warzen. Diese zerfielen und im Lauf von 6 Wochen bildeten sie durch Konfluktion ein Geschwür, das fast die ganze Fingerbeere einnahm. Das Geschwür lag in reaktionsloser Umgebung und zeigte flache glatte Ränder; der Geschwürsgrund war mit fleischroten Granulationen bedeckt. Es war sehr schmerzhaft; die Schmerzen strahlten mit der Zeit bis in den Oberarm aus. Der Finger wurde zusehends atrophischer. Schließlich fingen die Granulationen zu wuchern an, sodaß 1930 die Enukleation des Fingers vorgenommen wurde, worauf die Wunde glatt verheilte. Die mikroskopische Untersuchung des anatomischen Materials durch das Pathologisch-anatomische Institut in Graz ergab eindeutig Krebs. Trotz dieser Warnung gab Dr. D. seine Tätigkeit nicht auf und so entstand, wie der spätere histologische Befund lautete, 1931 der zweite Krebs am rechten Daumen der erheblich schneller und intensiver wuchs; der dritte am rechten Zeigefinger war bei der Exstirpation gerade im Entstehen. Dr. D. starb 1932 an schwerer aplastischer Anämie. Nach Droschl besteht kein Zweifel, daß diese so ungewöhnlich lokalisierten Krebse durch die Radiumstrahlen hervorgerufen worden sind. Zur Bekräftigung seiner Ansicht führt er weiterhin einen Fall von Wakeley, London an, wobei bei einem 65jährigen, viel mit Radium beschäftigten Mann, ein carzinomatöser Tumor am linken Mittelfinger und rechten Daumen entstand. Nach Amputation erfolgte gute Heilung. Er weist ferner darauf hin, daß Daels und Biltris experimentell mit radioaktiven Substanzen bei Tieren die Erzeugung von Karzinomen und Sarkomen gelungen ist und wirft mit einem Hinweis auf die Schneeberger und Joachimsthaler Bergkrankheit die Frage auf, ob nicht auch jahrelanges Arbeiten in radiumhaltigen Bergwerken der Krebsentstehung förderlich ist. In seinem Fall und im Fall Wakeley hält er neben dem ungenügenden Schutz vor allem die überaus lange Dauer der Beschäftigung mit hochwertigen Radiumpräparaten die Ursache für die Entstehung des Radiumkrebses.

Schädigung der inneren Organe. (Lunge).

Diesen Hautschäden stehen die im Beruf erworbenen Schädigungen der inneren Organe gegenüber. Letztere treten schon bei der Gewinnung der Muttersubstanzen auf, wie es die Fälle von Schneeberg in Sachsen und Joachimsthal in Böhmen zeigen. Als Haupteintrittsweg der radioaktiven Substanzen in den Körper dient der Atmungsweg, als erste Ablagerungsstätte die Lunge; die Hauptablagerungsstätten bilden aber in der Regel Knochenmark und Blut und damit ergeben sich die Schädigungsmöglichkeiten.

Schneeberger Lungenkrankheit.

Über die Verhältnisse in Schneeberg bringen Rostocky, Saupe und Schmorl einen ausführlichen Bericht. Geologische Vorbemerkungen: Ursprünglich wurde in den Gruben, die seit 1410 in Betrieb sind, Kupfer

und Eisen gefördert. ½ Jahrhundert später wurde Silberbergbau betrieben, als Nebenprodukt gewann man Arsen und Kobalt. Ende des vorigen Jahrhunderts spielte eine Zeit lang die Urangewinnung eine Rolle, dann beschränkte man sich im wesentlichen auf den Abbau von Wismuterzen.

Seit Jahrhunderten fiel die große Sterblichkeit unter den Erzbergleuten auf. Als Ursache wurde ein Lungenleiden angeschuldigt, das unter dem Namen Bergkrankheit, Berg- oder Lungensucht mit seinen subjektiven Beschwerden und gröberen klinischen Merkmalen schon in den ältesten Mitteilungen charakteristisch beschrieben wurde. Die ersten Beschreibungen stammen von Agricola 1500, von Mathesius 1559; in der Folge beschäftigten sich Pansa 1614, Engelschall 1723, Henckel 1728, Scheffler 1770, Küchenmeister 1869 mit dieser Krankheit. Eine gute wissenschaftliche Bearbeitung, sowohl vom klinischen wie pathologischen Standpunkt aus. brachten erst Härting und Hesse 1879. Weitere Arbeiten stammen von Cohnheim 1822, Ancke 1884, Anstein 1813, Margarete Uhlig 1920, Riesel 1921. Rostocky, Saupe und Schmorl veranstalteten von 1922 ab Reihenuntersuchungen und studierten 3¼ Jahr hindurch den gesundheitlichen Stand der aktiven und pensionierten Bergarbeiter in Schneeberg sowohl klinisch als pathologisch anatomisch. Sie konnten, wie schon früher festgestellt wurde, bestätigen, daß die bergfertigen Leute meist im mittleren Lebensalter der Bergkrankheit zum Opfer fallen. In der Familienanamnese war der frühzeitige Tod der in den Gruben beschäftigten männlichen Familienmitglieder auffallend. Das klinische Bild der Erkrankung zeigt folgenden Verlauf:

Subjektive Beschwerden: Anfangs trockener hartnäckiger Husten, zäher, schleimig-glasiger, schwer abzuhustender Auswurf, gelegentlich mit kleinen Blutbeimengungen, allmählich steigernde Atemnot, Schmerzen auf der Brust oder im Rücken (Nörgeln), Kräfteabnahme. Nach einiger Zeit plötzlich starke Verschlimmerung, besonders quälende Kurzatmigkeit und Schwäche, schließlich Exitus.

Objektiver Befund: Hochgradige Orthopnoe, bei kleinsten Anstrengungen Atmung pfeifend, Husten und Auswurf wie schon erwähnt, Haut blaß, graugelb mit cyanotischem Einschlag. Ernährungszustand schlecht.

Physikalische Untersuchung der Lunge: Intensive Dämpfungen im Bereich der oberen Lungenpartien mit stark abgeschwächten oder aufgehobenem Atmungsgeräusch und aufgehobenem Stimmfremitus.

Blutuntersuchung: Meist Leukozytose und Eosinophilie.

Sonstige gelegentliche Symptome: Vergrößerte Drüsen supraklavikular oder in der Achselhöhle bezw. seitlichem Thoraxwand, Blut an der Sonde beim Sondieren des Oesophagus, Spontanfrakturen.

Röntgenbild: Die 1922 durchgeführte röntgenologische Untersuchung ergab hauptsächlich 2 verschiedenartige Gruppen pathologischer Röntgenbilder:

1. Fälle, die als reine Pneumokoniose zu deuten waren;
2. Fälle, bei denen neben der Pneumokoniose tumorartige Schatten zu erkennen waren. Saupe nimmt nach dem klinischen und röntgenologischen Befund an, daß die anfänglichen Beschwerden durch eine

im Lauf der Jahre sich verstärkende Pneumokoniose hervorgerufen werden. Die plötzlich eintretende Verschlimmerung im Befinden der Bergleute, die anamnestisch angegeben wird, und bei fortlaufender Beobachtung auch objektiv zu erkennen ist, scheint nach seiner Ansicht mit dem Auftreten eines Lungentumors zusammenzufallen.

Das Ergebnis der Beobachtungen Rostocky's, Saupe's und Schmorl's war, daß bei den Bergleuten in Schneeberg sehr häufig Lungenkrebs auftritt, während dieser bei den übrigen Bewohnern dieser Gegend nicht vorkommt. Dieser Lungenkrebs unterscheidet sich gewöhnlich nicht von dem Lungenkrebs allgemeiner Art. Von den 154 untersuchten Bergleuten sind im Laufe der 3¼ Jahre 21 gestorben. Bei 13 wurde die Diagnose Lungencarcinom durch die Sektion sichergestellt, 12 mal wurde die Diagnose schon klinisch gestellt. Bei 2 von den 8 nicht sezierten Fällen war die Diagnose Lungentumor nach dem röntgenologischen Befund sehr wahrscheinlich. Damit würde die Anzahl der an Lungen-Ca gestorbenen Leute 71 % betragen. Die pathologischen anatomischen Untersuchungen die Schmorl an 21 Leichen durchführte, ergaben einwandfrei, daß in allen Fällen echte, epitheliale Neubildungen vorhanden waren. In 25 % aller Fälle zeigte sich als bemerkenswerte Eigentümlichkeit, daß bei denselben Patienten gleichzeitig zwei Primärkarzinome gefunden wurden. Bei allen untersuchten Krebsfällen waren die bronchialen und mediastinalen Lymphdrüsen mehr oder minder karzinomatös erkrankt; recht oft griff der Lungentumor auf Herzbeutel und Herz über. Die in der überwiegenden Mehrzahl von Fällen auch anatomisch nachgewiesene starke Anthrakochalikose schafft nach Schmorl in Verbindung mit Pigmentdurchbrüchen und Bronchitis deformans praekanzeröse Zustände, auf deren Boden unter Einwirkung weiterer Faktoren schließlich der Lungenkrebs entsteht.

Über die Ursachen der Krebsentstehung gehen die Meinungen sehr auseinander. Staub, Arsen, Diäthylarsinbildung durch die Lebenstätigkeit der in den Gruben vorhandenen Pilze, jahrelanges Einatmen von Teilchen eines radioaktiven Gesteinstaubes, sowie reichliches Vorkommen von Radiumemanation in der Grubenluft wurden angeschuldigt. Tomanek führt die Bildung des Lungenkrebses allein auf die Radiumemanation zurück; Professor Hoffmann-Leipzig auf Einatmen von Gesteinsstaub, sowie hoher Radiumemanationsmengen. Der Emanationsgehalt der Grubenluft ist übrigens teilweise sehr bedeutend und erreicht maximal 50 ME. Die Ansicht Tomaneks gewinnt dadurch und ferner durch das Auftreten von Bronchialkrebs als Berufskrankheit unter ähnlichen Verhältnissen im Joachimstaler Bergbau sowie in Radiumfabriken und Labaratorien, an Berechtigung. Auch wurden in anderen Gruben, die viel Arsen und Kobalt liefern, derartige Beobachtungen nicht gemacht. In neuester Zeit schließt man sich der Anschauung Tomanek's immer mehr an.

Joachimstaler Bergkrankheit.

Bei der Joachimstaler Bergkrankheit handelt es sich nach Löwy um einen der Schneeberger Bergmannskrankheit amalogen Prozeß. Sowohl die Fälle in Schneeberg wie in Joachimstal zeigen die gleiche Symptomatologie,

nur ist bei letzteren der Krankheitsverlauf rascher und bösartiger und es treten häufiger Metastasen auf. Ebenso wie in Schneeberg starb von den im Uranbergbau tätigen Arbeitern und Angestellten ein erheblicher Prozentsatz an einer schleichenden Lungenkrankheit, die anfangs als Tuberkulose gedeutet, später aber durch Löwy, Pirchan und Sikl als Lungenkrebs einwandfrei erkannt wurde. Nach den Arbeiten von Sikl und Pirchan (1930) starben von 400 bei der Gewinnung der Uranpechblende beschäftigten Arbeitern in den letzten 2 Jahren 17 eines natürlichen Todes, 9 davon, d. i. 53 % an Lungen-Ca. Fünf weitere Fälle von Bronchialkrebs wurden 1929 von Löwy beschrieben. Die Röntgen- und Sektionsbefunde, die Löwy, Sikl, Markl und Pirchan beschreiben, unterscheiden sich von den Schneebrger Fällen insofern, als hohe Grade von Anthrakochalikosis nicht gefunden werden. Das Durchschnittsalter der an Lungenkrebs Verstorbenen beträgt 49 Jahre.

Als Ursache der Krebsbildung wird hier ebenfalls die Radiumemanation angesehen. Die physikalische Untersuchung von Gewebsteilen auf Radioaktivität ergab allerdings einen negativen Befund. Tomanek sieht den Grund darin, daß die Bergarbeiter erst lange Zeit nach Einatmung der Emanation zugrundegehen. Nach Sikl läßt es sich nicht von der Hand weisen, daß die fragliche Noxe rasch ausgeschieden werden kann. Der Emanationsgehalt der Grubenluft ist sehr bedeutend und schwankt zwischen 5—40 ME. Stoklasa suchte auf experimentellem Weg das Problem des Lungenkrebses zu lösen und den Einfluß der radioaktiven Substanzen zu erforschen. Er fand daß die Lungen von Tieren, die längere Zeit der Einwirkung von Radiumstrahlen ausgesetzt wurden, eine starke Acidität aufweisen, hervorgerufen durch große Mengen von Milchsäure, die sich in den Lungen bildet. Durch die Einwirkung der Milchsäure werden die anderen Atmungsencyme, namentlich Oxydase und Peroxydase, angegriffen, sodaß ein weiterer Abbau des Alkohols und Acetaldehyds nicht stattfinden kann. Auf Grund seiner Versuche glaubt Stoklasa behaupten zu können, daß die Anhäufung der Milchsäure in den Organen den besten Boden für die Entstehung für Tumoren und Ca., im speziellen Fall der Joachimsthaler und Schneeberger Bergleute bildet. Bei täglich 7stündiger Arbeitszeit und einer Aktivität der Grubenluft von 10 ME pro 1 passieren 14 000—28 000 ME täglich die Lunge eines Bergarbeiters, in 300 Tagen 4,2 bis 8,4 Millionen ME, in 10 Jahren 40—80 Millionena ME. Dies entspricht einer Gleichgewichtsmenge der Emanation von 15,5—31 mg Radium. Man sieht also, daß es sich bei dieser Dauerwirkung im ganzen um große Mengen Radium handelt.

Lungenschädigungen in Radiumfabriken und Laboratorien.

Auch in Radiumfabriken und Laboratorien mehren sich die Fälle von gewerblicher Lungenschädigung. 1930 starb der in einem Berliner Betrieb tätig gewesene Arbeiter H. Dieser war seit 4 Jahren nicht mehr mit der Bearbeitung größerer Aktivitätsmengen beschäftigt worden. 1929 war schon der Laborant J. gestorben, der von 1922 ab bis zu seiner Erkrankung mit der Feinkonzentration von Mesothor gearbeitet hatte. Sein Nachfolger erkrankte ebenfalls. Nach den Akten der Berufsgenossenschaft der chemischen

Industrie, Sektion I Berlin, stand die Blutschädigung in allen 3 Fällen im Vordergrund der klinischen und anatomischen Erscheinungen. In dem einen Fall trat eine doppelseitige Oberlappenpneumonie hinzu, in einem andern Fall ein Melanosarkom. Neben Hautveränderungen fanden sich Schädigungen der Rachenschleimhaut und in allen Fällen war das kinische Bild mit starkem Reizhusten auffallend ähnlich. Vielleicht ist dieser auf Lungenschädigung zurückzuführen, zumal in dem einen Fall bei Beginn der Erkrankung „Lungenbeschwerden" bestanden. Im Röntgenbild zeigte die Lunge vermehrte Zeichnung. Nach Belt bestand hier vielleicht schon eine Fibrose, die zum Schluß durch die doppelseitige Pneumonie verdeckt wurde.

Am 28. Mai 1935 starb die im gleichen Betrieb beschäftigt gewesene Laborantin Frau G. Kr. Sie erlitt schon früher eine Verbrennung der Haut bei der Arbeit mit hochaktiven Präparaten, die nach Behandlung zum Abheilen kam. In der Folge arbeitete sie mit schwach aktiven Präparaten und erst in den letzten Jahren wurde sie wieder in der erstgenannten Weise beschäftigt. Die zur Kontrolle gemachten regelmäßigen Blutuntersuchungen ergaben in den ganzen Jahren keinen verdächtigen Befund. Trotzdem klagte die Laborantin häufig über Müdigkeit und Abgeschlagenheit. Bei der 1926 vorgenommenen Röntgenuntersuchung erschienen die Lungenspitzen etwas verdickt. 1935 erkrankte Fr. K. an Bronchopneumonie. Nach kurzer Genesung erkrankte sie wiederum. Sie klagte über heftige Schmerzen im Brustbein und in den Beckenknochen, sowie über periodisch auftretende Atemnot. Professor Auler stellte am Skelett erhöhte Schmerzhaftigkeit auf Druck fest, insbesondere an den vorher genannten Stellen, über der Lunge Giemen, Brummen, Rasseln, im Gebiet des Unterlappens ein Stenosegeräusch. Die Erkrankte starb schließlich in der chirurgischen Universitätsklinik der Charité. Als Todesursache wurde linksseitiger Bronchialkrebs festgestellt. Dieser hatte, ausgehend vom linken Unterlappenbronchus, den ganzen Hilus samt den nächsten Lymphknotengruppen durchwachsen; Fortsetzungen reichten längs der Trachea bis in die Höhe des Kehlkopfes, außerdem war ein Einbruch in den Herzbeutel und in die retroperitonealen Lymphknoten erfolgt. Metastasen fanden sich in Leber, Knochen, besonders Wirbelsäule und Femur, sowie in Eierstöcken und Nebennieren. Die physikalische Untersuchung von Gewebsteilen im Physikalischen Institut in Frankfurt ergab eine radioaktive Infektion, besonders starke Aktivität zeigte das Lungengewebe.

Zwei weitere Fälle wurden in einem Radiumlaboratorium in Frankfurt a. M. bekannt. In dem einen Fall handelt es sich um den Chemiker Dr. H. D. Dieser war 1926 in das Laboratorium, das aus Radium und Mesothorium Präparate zur Krebsbekämpfung und Leuchtfarben herstellte, eingetreten. Im Arbeitsraum waren an den Rohrleitungen und unebenen Flächen infolge Verstäubung von Leuchtfarbe und Ablagerung von Staub Leuchterscheinungen zu beachten. Er mußte mehrmals in der Woche seinen Anzug wechseln, da wegen der seiner Kleidung anhaftenden aktiven Stoffe, die Messungen mit dem Elektroskop ungenaue Werte ergeben hätten. Während seiner Tätigkeit zog er sich zunächst, da er keine Schutzhandschuhe trug, Verbrennungen an den Fingern zu. Vor seinem Eintritt war er völlig

gesund und hatte auch nie an einer Erkrankung der Atemorgane zu leiden. Zwei Jahre nach Arbeitsbeginn im Laboratorium traten die ersten Atembeschwerden auf, die immer stärker und quälender wurden. Zwei Jahre später starb der Kranke trotz aller Bemühungen unter Erscheinungen stärkster Einziehung des Brustbeins beim Inspirium an Erstickung. F. Volhard diagnostizierte Lungenschrumpfung. Die bei Lebzeiten in Zeitabständen angefertigten Röntgenbilder zeigten eine mit der Zeit zunehmende Verdichtung des Lungengewebes. Die klinischen Hauptbeschwerden bestanden in der bis zum Tode zunehmenden Atemnot; die anatomischen Befunde gipfelten in einer ausgedehnten Induration der Lunge mit herdförmiger Hepatisation und Blähung umschriebener Lungenbezirkchen. Die Lungenfibrose, die sowohl durch Schrumpfung, wie durch Wucherung eine starke Verengung der atmenden Lungenoberfläche hervorgerufen hat, erklärt die klinischen Symptome. Der physikalische Radiumnachweis im Gewebe konnte in diesem Fall wegen zu kleiner Gewebsmengen nicht erbracht werden. Der Gutachter des Falles führte die Schädigung auf die Wirkung jahrelang eingeatmeter Emanation zurück und hielt eine entschädigungspflichtige Berufserkrankung für vorliegend. Neitzel ist der Ansicht, daß γ Strahlen, die als reine Wellenbewegungen nicht korpuskulärer Art in der bestrahlten Materie keine Spuren hinterlassen, die Ursache der Schädigung darstellen. Das wäre also wie die Röntgenstrahlenwirkung aufzufassen. Bei dem zweiten Fall konnte der direkte Nachweis der Radiumnatur des krankmachenden Stoffes geführt werden, womit auch wegen der gleichgelagerten Verhältnisse und der großen Ähnlichkeit der klinischen und pathologisch-anatomischen Befunde der Fall des Chemikers Dr. H. D. auch noch nachträglich als sichere Berufskrankheit bestätigt werden konnte. Im Mai 1935 starb Frl. M. M., 24jährig, ebenfalls an Lungenfibrose. Sie war vom Herbst 1928 bis Januar 1933 im gleichen Radiumbetrieb in Frankfurt a. M. tätig und hatte noch mit dem Chemiker Dr. H. D. zusammengearbeitet. Anfangs 1933 erkrankte sie an Grippe mit leichter Lungen- und Rippenfellentzündung. Nach Genesung war sie 5 Monate im Betrieb tätig, dann wurde sie wegen starker Gewichtsabnahme in ein Krankenhaus eingeliefert und war bis zu ihrem Tode dauernd krank. Dazwischen liegt ein zweimaliger Aufenthalt in einem Lungensanatorium. An subjektiven Beschwerden waren zu verzeichnen: zunehmende Schwäche und Atemnot zuerst bei Bewegung, später auch in der Ruhe. Die objektiven Befunde bestanden im wesentlichen in starker Gewichtsabnahme und in dem Vorhandensein eines eigentümlichen Atmungstypus (wie schon im Falle Dr. H. D.) mit inspiratorischer Einziehung der den Thorax bildenden Weichteile, des Sternums und der Rippen in Höhe des Zwerchfellansatzes. Gegen Lebensende trat zunehmende Tachykardie und Tachypnoe auf. Die Röntgenuntersuchung zeigt nach verschiedenen früheren negativen Ergebnissen erst im Januar 1935 auf Lungenfibrose hinweisende Befunde. Die physikalische Untersuchung der Atemluft ergibt 1935 das Vorhandensein von Emanation. Am linken Daumen hatte die Patientin übrigens ein chronisches Radiumgeschwür. Unter zunehmender Schwäche und Atemnot erfolgt der Tod im Mai 1935. Die Autopsie ergab eine diffuse Lungenfibrose wie sie im Fall Dr. H. D. durch Belt beschrieben wurde. Die physikalische Untersuchung von Leichengewebe im Institut des Herrn Pro-

fessor Rajewsky ergab den Nachweis radioaktiver Substanz in einer Anzahl von Körperteilen. Nach Aktivitätsstärke geordnet ergibt sich folgende Reihe: Wirbelsäule (Rückenmark) 100; Rippe 94,0; Oberschenkel 61,0; Lunge 26,0; Leber 8,5; Milz 2,0. Hierbei ist zu bemerken, daß die Zahlen die Menge radioaktiver Substanz bezogen auf ein g Gewebe, in willkürlicher Einheit angegeben; als Grund und Vergleichszahl wurde für die im Rückenmark gefundene Menge 100 genommen.

Neitzel berichte noch über einen Todesfall in einer Radiumfabrik in Braunschweig. Ein Chemiker des dortigen Radiumlaboratoriums verstarb an Lungenkrebs; vorher waren an den Fingern schon krebsartige Wucherungen aufgetreten.

Von den bereits erwähnten 5 an Lungenkrebs verstorbenen Fällen Löwys waren 2 nicht im Bergwerk, sondern im Laboratorium beschäftigt. Der eine war 46 Jahre alt und neun Jahre im Laboratorium tätig gewesen. Er starb an Ca des linken Hauptbronchus mit vielen Metastasen, außerdem hatte er als Nebenschädigung eine Atrophie des Hodens. Der 2. Fall betraf einen Bergrat, der fast 25 Jahre in verschiedenen Laboratorien (6 davon in Joachimsthal) tätig war und in Wien an einer Neubildung der Lunge, Lungentuberkulose und einer weiteren Radiumschädigung, Leukaemie zugrunde ging.

Alle diese Fälle ergeben das Vorkommen von gewerblicher Lungenschädigung, sowohl im Bergbau, wie in Fabriken und Laboratorien. Die Ursache dürfte in der Hauptsache in der Radiumemanation, vielleicht auch in der Einatmung von aktivem Staub, zu finden sein. Während nun bei den Bergleuten der schädigende Einfluß derselben nur mit annähernder Bestimmteit angenommen werden kann, konnte beim Personal von Radiumfabriken und Laboratorien in einigen Fällen einwandfrei der direkte Nachweis von radioaktiver Substanz als krankmachende Ursache geführt werden. Die Resultate der physikalischen Untersuchung von verschiedenen Gewebsteilen beweisen, daß die Radiumablagerungen im Körper von Fall zu Fall sehr verschieden sein können und zwar sowohl individuell als auch in hohem Grade je nach der seit dem Eindringen in den Körper bis zur Untersuchung vergangenen Zeit. Der Radiumgehalt der Lunge war verschiedentlich relativ gering, trotzdem nach dem ärztlichen Befund in deren Schädigung die unmittelbare Todesursache zu suchen ist. Daraus kann geschlossen werden, daß die tödlich wirkende Radiumdosis nicht nur von der Radiumkonzentration der Ablagerung abhängtg, sondern auch von der Ausdehnung des Ablagerungsherdes und dessen Bedeutung für den gesamten Prozeß der „Vergiftung“ im Körper. Ein negatives Ergebnis bei der chemisch-physikalischen Untersuchung spricht an sich nicht absolut gegen eine Radiumschädigung, namentlich dann, wenn man sich die den Röntgenstrahlen ähnlichen γ Strahlen, die in den durchstrahlten Körperteilen keinerlei Substanz zurücklassen, als den schädigenden Faktor denkt. Ein weiteres Versagen der analytischen Untersuchungsmethode könnte auch durch Spätwirkung einer früher einmal erfolgten Radiumaufnahme und späteren Wiederausscheidung aus dem Körper begründet werden, sodaß zur Zeit der Erkrankung bezw. Untersuchung, kein Radium mehr im Körper vorhanden ist.

Die radioaktiven Substanzen zeigen eine besondere Affinität zu Blut und Blutbildungsstätten. Daher erklären sich die besonders häufigen schweren Veränderungen und Erkrankungen des Blutes und der blutbildenden Organe besonders des Knochenmarks und damit des ganzen Knochens überhaupt. Wir haben dann das Bild der chronischen Allgemeinvergiftung vor uns. Es kommt zu quantitativen und qualitativen Veränderungen der geformten Elemente des Blutes, die lange Zeit bestehen können, ohne klinisch ernste Störungen zu verursachen, in schweren Fällen aber zu tödlichen Krankheiten sich steigern. Über leichtere Schädigungen des Blutes berichtet W o l d r i c h. Bei den 1929 untersuchten Bergleuten in Joachimsthal zeigte ein erheblicher Prozentsatz beachtenswerte Veränderungen des Blutbildes. Es waren 32 Bergleute und zwar 21 pensionierte, die mindestens 4 Jahre außerhalb des Betriebes standen, 8 aktive Bergarbeiter, 8 in der Uranfabrik und 2 im Laboratorium beschäftigte. Bei den 21 Pensionisten waren in 10 Fällen Anämien unter 4,5 Millionen und zwar 5 mit Zahlen von 4—4,5 Mill., 3 mit Zahlen von 3—4 Mill. und 2 unter 3 Millionen. Von diesen Anämien 4 hyperchrom, 5 normochrom und 1 hypochrom. Die Leukozytenwerte bei Temperaturen unter 37° waren 4 mal zwischen 3—5000, sonst darüber. Die Lymphozytenwerte waren 1 mal unter 20, 6 mal über 30; auffallend war in einem Fall eine Eosinophilie von 13 % und in einem weiteren Fall eine Monozytose von 12 %. Von den aktiven Grubenarbeitern wiesen 3 Erythrozytenwerte zwischen 3—4 Mill. auf, 1 zwischen 4 und 4½ Mill., 3 nomochrom, 1 hypochrom, durchwegs mit Leukozytenwerten über 5000 und normalen Lymphozytenzahlen, 1 mal 9 % Mononukleäre, in einem Fall 6 % Eosinophile. Bei den 8 in der Uranfabrik arbeitenden wurde nur in einem Fall eine annähernd normale Erythrozytenzahl, nämlich 4,8 Mill. gefunden; dagegen 1 mal unter 3 Mill. und 6 mal zwischen 3—4 Mill., 4 hyperchrom, 2 normochrom und 1 hypochrom. Vital-granulierte 3—9 ‰, Leukozytenwerte 2 unter 3000, sonst über 5000, Lymphozyten zwischen 20—30 %. In einem Fall stark beschleunigte Senkung (120) bei normalem Organbefund. Die beiden Laboratoriumsarbeiter waren anämisch und zwar 4,2 und 3,9 Mill., einer hypochrom, einer normochrom; Leukozyten über 5000, Lymphozyten normal. Von den insgesamt untersuchten 39 Bergleuten wiesen 23 Erythroztenwerte unter 4½ Millionen auf. Am auffälligsten sind diese bei den aktiven Uranfabrikarbeitern. Haemoglobingehalt und Färbeindex waren in 10 Fällen normal, 8 mal vermehrt, 4 mal vermindert. Im roten Blutbild waren niemals Megaloblasten und Megalozyten zu finden, wohl aber Normoblasten und Polychromasie ferner Vermehrung der Vitalgranulierten, niemals jedoch Reticulozyten. Besonders wichtig ist, daß die Fabrikarbeiter in erster Linie befallen sind, wie auch die im Laboratorium beschäftigten, während der Prozentsatz bei den Grubenarbeitern (aktiven wie pensionierten) bei weitem nicht so groß ist. Die Blutveränderung dieser Leute besteht also in einer Anämie vorwiegend normo- bis hyperchrom mit Leukozytenwerten normal bis erhöht und gleichfalls vorwiegend normalen bis erhöhten Lymphozytenzahlen. In 11 Fällen bestand eine, wenn auch geringe, Vermehrung der Mononukleären. In keinem Fall reichten diese Ergebnisse zur Diagnose:

Perniciosa. Es handelt sich vielmehr um eine sekundäre myelotoxische Anämie auf Grund von Radiumeinwirkung. Die Radium- bezw. Emanationswirkung kann man sich auf 2 Arten denken, einmal direkt auf das Knochenmark, dann aber auch auf dem Umweg der durch Zerstörung des peripheren Blutes entstandenen Abbauprodukte.

Ebenso fand Amundsen bei Radiologen und ihrem Hilfspersonal Blutveränderungen. Er untersuchte das ganze Personal des radiumtherapeutischen Institutes in Oslo, dabei zeigte das Blutbild aller immer eine Abweichung vom Normalen. Die absolute Zahl der weißen Blutkörperchen ist oft kleiner als die normale Durchschnittsziffer, wobei aber die relative Zahl der Lymphozyten vermehrt ist. Der Haemoglobingehalt wurde fast immer normal befunden. Die Wirkung auf das Blut konnte zum Teil schon nach einer 1—2 Monate langer Tätigkeit festgestellt werden.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch Gudzent bei seinen Fällen. Die Zahl der roten Blutkörperchen war hier nicht ausgesprochen verändert, dagegen war die Zahl der weißen Blutkörperchen bei den Personen, die während des ganzen Tages mit radioaktvien Substanzen zu arbeiten hatten, leicht vermindert. Am auffälligsten und ausnahmslos bei allen Fällen zu beobachten war die relative und absolute Lymphozytose. Demgegenüber zeigten die Neutrophilen sowohl eine relative als absolute Verminderung.

Diese verhältnismäßig harmlosen Blutveränderungen können aber auch in ganz ausgesprochene Blutkrankheiten übergehen. Als schwere biologische Schädigungen infolge chronischer Strahleneinwirkung entwickeln sich den bekannten aplastischen Blutsystemerkrankungen sehr ähnliche Krankheitsbilder; zu nennen sind perniziöse Anämie von aplastischem Charakter, die auf Erschöpfung des Knochenmarks zurückgeführt wird; dann maligne Neutropenien (Agranulozytosen) mit fast ausschließilcher Schädigung der Granulozyten. Sehr oft findet man Fälle von Leukämien, die ihre Entstehung einer Reizung des Knochenmarks oder des lymphatischen Systems verdanken sollen. Emile Weil und Lacassagne erwähnen 6 Fälle aus der Literatur (4 lymphatische, 2 myeloische) und beschreiben selbst einen Fall von myeloischer Leukämie bei einem Chemiker, der drei Jahre lang in einem Laboratorium mit radioaktiven Substanzen beschäftigt war und nach einjähriger Krankheitsdauer starb. Verhältnismäßig häufig werden diese Schäden in Amerika bei Arbeiterinnen in Leuchtfarbenbetrieben gefunden, auf die in der Folge noch eingegangen wird. Zunächst einige Fälle von Radiumanämie mit tödlichem Ausgang.

1. 3 Fälle von Mothram (1920). Perniziöse Anämie bei drei Angestellten des Londoner Radiuminstitutes (zit. nach Bordler)
   a) 36jährige Frau, seit 8 Jahren angestellt. Erythrozyten 2,2 Mill., Hb. 50 %, Index 1,15. Zuletzt 1 100 000 Erythrozyten, Index 0,68. Leukopenie mit Lymphozytose.
   b) 33jähriger Mann, seit 3 Jahren angestellt. Zuletzt Erythrozyten 800 000, Leukozyten 1520, Index 1,3.
   c) 50jähriger Mann, seit 10 Jahren angestellt. Hb. 12,25 %, Erythrozyten 527 000, Index 0,84, Leukozyten 850, davon 13,5 % Neutro-

phile, 1,2 % Eosinophile, 18 % Mononukleäre, 40,5 % Lymphozyten, 24,8 % Plasmazellen.

Bei allen Fällen kein Zeichen von Blutregeneration.

2. Fall von E. Weil und Lacassagne (1925). 40jähriger Ingenieur, früher als Physiker mit radioaktiven Substanzen beschäftigt, 1916 in einer Radiumfabrik angestellt. Seit 1920 Arbeit im Laboratorium und zwar Herstellung von Thorium X ohne irgendwelchen Schutz. Seit 1924 Müdigkeit, Erbrechen, Diarrhoe, Abmagerung, Ohnmachtsanfälle, Blutungen aus dem Zahnfleisch. Hb. 25 %, Erythrozyten 1,2 Mill., Index 1.04. Keine kernhaltigen Erythrozyten, Leukozyten 4600, davon polynukleäre Neutrophile 21 %, Lymphozyten 5 %, mittlere Mononukleäre 13 %, große Mononukleäre 51 %, Myeloblasten 4 %, Blutplättchen 50 000. Verlängerte Blutungs- und Gerinnungszeit, Blutbefund kurz vor dem Tod Hb. 30 %, Erythrozyten 1,3 Millionen. Index 1,15, Leukozyten 5600, davon Neutrophile 23 %, Eosinophile 1 %, Basophile 1 %, Lymphozyten 9 %, mittlere Mononukleäre 19 %, große Mononukleäre 43 %, neutrophile Myelozyten 4 %, Normo- und Megaloblasten 4 %. Tod nach ½jähriger Krankheitsdauer.

Sektionsbefund: Makroskopisch keine Veränderung.

Mikroskopisch: In der Milzpulpe äußerst geringer Zellgehalt. Im Knochenmark kleine Zellnester, vorwiegend aus Eythrozyten und ungranulierten Leukozyten bestehend; ziemlich viele Normoblasten. Keine Megakaryozyten. In den Retikulumzellen der Milz, Lymphdrüsen, des Knochenmarks und in den Leberzellen sehr reichliches Pigment.

3. Fall von Martland, Conlon und Knef (1925). 35jährige Frau, Zifferblattmalerin, nahm während 6 Jahren radioaktive Substanzen beim Spitzen des Pinsels mit den Lippen auf. Alveolarpyorrhoe, leichtes Bluten aus dem Zahnfleisch. Nekrose der Mund- und Gaumenschleimhaut. Hb. 33 %, Erythrozyten 1,4 Mill., Leukozyten 400, Polymorphkernige 40 %, Lymphozyten 58 %, Monozyten 2 %, Anisocytose, mäßige Polychromasie, selten basophile Körnelung. Hie und da ein Normoblast, selten ein Megaloblast, wenige Myeloblasten, Blutplättchen vermindert.

Sektionsbefund: Zahnfleischeiterung, beginnende Nekrose, des Alveolarfortsatzes des Unterkiefers, Schwellung der Parotis und der submentalen Lymphknoten; Blutungen in Haut, Tracheal-Magen und Nierenbeckenschleimhaut, Pleura, Mesenterium, Myokard. Lungenödem; leichte Vergrößerung der Milz. Knochenmark der Lendenwirbel hellrot mit dunkelroten Flecken; im ganzen Femur dunkelrotes Mark.

Mikroskopischer Befund: In Milz und Knochenmark ähnliche Veränderungen wie bei perniziöser Anämie, nur fehlt die Zerstörung der roten Blutkörperchen durch Histiozyten. Im Knochenmark Hyperplasie von megaloblastischem Typus. Atrophie der Milzfollikel. Diffuse Fibrosis der Milz und leichte Vermehrung des Haemosiderins. In der Leber geringe Mengen Haemosiderin, in den peripher gelegenen Zellen keine ausgedehnte Verfettung; Fibrosis der Glisson'schen Scheiden, ohne Lymphozyteninfiltration.

4. Fall von Reitter und Martland (1926). Pat. hat 14 Jahre mit radioaktiven Substanzen gearbeitet. Einen Monat vor Tod plötzliche Erkrankung unter Kollaps. Fortschreitende Anämie. Hb. 30 %; Erythrozyten 2 150 000, Index 0,69, Leukozyten 3400, Polymorphkernige 51 %, Lymphozyten 46 %, Poikilo- und Anisocytose, wenige Normo- und Megaloblasten.

Sektionsbefund: Milz auf ⅓ der normalen Größe zusammengeschrumpft, hart, rot; Trabekel prominent. Follikel atrophisch. Knochenmark rot; Bronchopneumonie.

Mikroskopischer Befund: Im Knochenmark viele erythroblastische Herde, Fehlen leukozytärer Gruppen und ihrer Jugendformen. In der Milz Atrophie des lymphatischen Gewebes und Ablagerung von Haemosiderin.

5. Fall von Martland (1926). 24jährige Frau, 7 Jahre lang als Zifferblattmalerin mit radioaktiven Substanzen beschäftigt. Schwere Anämie mit Index über 1. Anisozytose, leichte Polychromasie und basophile Körnelung. Wenige Erythroblasten, selten Megaloblasten. Sehr viele Blutplättchen, keine Purpura. Tod nach 3jähriger Krankheit mit Nekrose des Ober- und Unterkiefers. Bronchopneumonie.

Sektions- und mikroskopischer Befund: Rotes Knochenmark in der Femurdiaphyse mit enormer Zahl von kernhaltigen Erythrozyten (Normo- und Megaloblasten). Megakaryozyten normal, viele Eosinophile. Geringe Mengen Haemosiderin im Knochenmark. In Milz, Leber, Herz und Nieren entweder keine oder sehr geringe Mengen Haemosiderin.

6. Fall von Martland und Humphries (1929). 33jährige Frau. Ziffernblattmalerin. Am Kiefer leichte Ostitis, keine Nekrose. Fall auf die Schulter. Nach 12 Monaten Sarkom der Skapula. Knochenmark im Femur dunkelrot.

Sehr häufig erfolgt die Allgemeinvergiftung durch Verschlucken radioaktiven Materials. Dieses geht zwar zum größten Teil mit dem Stuhl ab, zum Teil bleiben aber Reste in Form unlöslicher Salze in den Organen liegen und gelangen auf dem Blut- und Lymphweg in das retikulo-endotheliale System, insbesondere in die Knochen, wo sie sich fest verankern. Die Folge ist demnach schwere Schädigung des Knochenmarks. In der Hauptsache sind es die α Strahlen, die eine Hyperplasie des roten Knochenmarks mit Unfähigkeit zur Bildung von Granulozyten (mit Ausnahme von Myelozyten und Eosinophilen), schließlich eine völlige fibröse Degeneration des Marks herbeiführen. Dadurch wird der Knochen entkalkt, deformiert sich und erleidet Spontanfrakturen. Weiter kommt es zur Entwicklung von Ostitis, Knochennekrose, Knochensarkom und Karzinom. Die Vergiftung beginnt zunächst mit gehobenem Allgemeinbefinden und Leistungssteigerungen, dann ändert sich der Zustand ins Gegenteil. Es treten auf: Allgemeine Schwäche und Verminderung des Kräftezustandes, Abmagerung, Magenstörungen, fortschreitende Anämie, Zahnfleischentzündung, Lockerwerden und Spontanausfall der Zähne und Kiefernekrosen. Der Bilirubinspiegel des Blutes ist erhöht. In späteren Stadien tritt eine haemorrhagische Diathese auf mit Blutungen in den inneren Organen. Häufig besteht Sterilität. Bei recht-

zeitiger Arbeitsunterbrechung kann der tödliche Ausgang vermieden werden; die bestehenden Organveränderungen werden dadurch jedoch nicht mehr gebessert. Bei dem am Leben Bleibenden findet man an den verschiedenen Knochen besonders denen mit Druckbelastung, wie Fuß, Schenkelhals, Wirbel, eine Ostitis mit Neigung zu Deformierungen und Spontanfrakturen. Der Tod erfolgt unter Umständen durch perniziöse Anämie oder durch Sepsis oder durch Knochensarkom oder Karzinom. Unbedeckte Haut, Haare und Kleider der Erkrankten leuchten im Dunkel. Aus der Ausatmungsluft, ebenso aus den Organen (Knochenmark, Leber, Milz), werden α und γ Strahlen nachgewiesen.

Schädigungen im Bereich der Mundhöhle in der Leuchtfarbenindustrie.

Diese schweren Gesundheitsschädigungen nicht selten sogar mit Todesfolge, wurden in hohem Maße bei der Herstellung und Verwendung von Leuchtfarben an den Arbeiterinnen in amerikanischen Fabriken beobachtet. In der Hauptsache werden Mundschleimhaut, Zähne und Kiefer betroffen. Blum hatte 1924 bereits auf eine eigenartige Form von Kieferknochenentzündung und Nekrose bei Arbeiterinnen, welche mindestens ein Jahr tätig waren, hingewiesen, wie sie sonst nur bei Phosphorvergiftungen beobachtet wurde. Aus einer Umfrage aus dem Jahre 1929 wurden in den Vereinigten Staaten in 31 Fabriken 253 Arbeiter mit der direkten Verarbeitung von radioaktiven Substanzen beschäftigt. 23 sind gestorben und 19 zeigen durch Radium verursachte Krankheitserscheinungen. Unter den Arbeitern der Fabrik in New Jersey kamen bis zum März 1931 18 Todesfälle vor. In 8 Fällen wurde durch Autopsie Vergiftung durch radioaktive Substanzen als Todesursache festgestellt. Ungefähr zur selben Zeit zeigten etwa 30 Arbeiter Radiumdauerschäden. Nach den Untersuchungen von Martland geht die Kieferknochennekrose mit einer Verminderung des allgemeinen Kräftezustandes, bedingt durch Zahnfleischentzündung, Lockerwerden und Spontanausfall der Zähne, einher. Anschließend kann es auch zu hochgradig entzündlichen Veränderungen mit Spontanfrakturen, Entzündung der Parotis und fortschreitender Kachexie kommen. Der Tod tritt meist unter den Erscheinungen einer perniziösen Anämie anfänglich von regenerativem später aplastischem Typus ein. Die Veränderungen bleiben in schweren Fällen nicht auf Unterkiefer beschränkt, sondern ergreifen in wechselndem Grad auch alle Skelettknochen. Unter 18 Todesfällen konnte in 5 Fällen Knochen-Ca. festgestellt werden. Auch die Entstehung von Knochensarkomen wurde beobachtet. Als Ursache dieser schweren Radiumvergiftungen wurde in der Mehrzahl der Fälle das Anspitzen des zum Aufmalen radioaktiver Leuchtfarben auf Zifferblätter von Uhren verwendeten Pinsels mit den Lippen nachgewiesen. Obgleich ein hoher Prozentsatz der dadurch in den Körper aufgenommenen radioaktiven Substanzen vom Organismus wieder ausgeschieden wird, kommt doch ein bestimmter Teil zur Ablagerung, und so entstehen durch die zerstörende Wirkung vor allem der α Strahlen auf das umliegende Gewebe die beschriebenen Veränderungen.

Hoffmann, Martland, Conlon und Knef berichten 1925 über 12 Kranke, von denen 5 bereits gestorben sind. Es handelt sich um

Mädchen, die in einer Uhrenfabrik in Newark Zifferblätter mit einer aus Zinksulfat, Radium, Mesothorium und Radiothorium bestehenden Leuchtfarbe bemalten. Dabei spitzten sie den Pinsel mit den Lippen zu und brachten auf diese Weise dauernd kleine Mengen radioaktiver Substanz in dei Mundhöhle. Nach 3—7 Jahren traten pyorrhoeähnliche Zustände am Zahnfleisch auf, die Zähne wurden locker und fielen aus, es kam zu leichteren und schwereren Nekrosen der Alveolarränder und der Weichteile des Mundes und Gaumens bis zur Epiglottis und schließlich zu Totalnekrosen beider Kiefer. Gleichzeitig bildete sich eine schwere Anämie aus, die zum Tode führte. Mit einem Elektroskop konnten aus der ausgeatmeten Luft und nach dem Tode aus Leber, Milz und Knochen, α und γ Strahlen nachgewiesen werden. In einem Fall gelang nach 3 Jahren noch der Nachweis von α Strahlen aus einem aufbewahrten Oberkiefer. In einem anderen Fall konnten nach dem Tod sowohl vom Kiefer als auch vom Oberschenkelknochen photographische Filme belichtet werden. Auch bei diesen Fällen war es zu einer Verschleppung des radioaktiven Materials in das reticuloendotheliale Gewebe und späteren Zerstörung der blutbildenden Zentren gekommen. Die Kiefernekrose erklären sich die Verfasser durch lokale Reizwirkung kleinster Teile radioaktiver Substanz, die am Gaumen, Zahnfleisch und Zähnen (besonders Zahnfleischtaschen) hängen bleiben. Ihre schädliche Wirkung wird erhöht durch die infolge der fortgesetzten leichten Radiation gesteigerte Virulenz der Bakterien der Mundhöhle. Ähnliche Schädigungen beschreibt Flinn. Auch er fand Nekrosen der Kiefer als auffallendstes Symptom. In seinen Fällen waren diese von käseartiger Beschaffenheit ohne daß Seqesterbildung eintrat. Weiterhin beobachtete er starke secundäre Anämien mit aplastischen Knochenmark. Bei 3 Leuchtzifferblattmalerinnen im Alter von 20, 24 und 25 Jahren stellte er (1929) sehr charakteristische Schädelveränderungen in Form scharf umschriebener runder Zonen von Rarefizierung, ähnlich wie beim Myelom oder metastatischen Tumoren fest. Flinn führt im Gegensatz zu den vorhergehenden Autoren (vor allem Martland) die Kiefernekrose auf die zerstörende Wirkung der ins Blut gelangten und im Knochen selbst verankerten Radiumsalze zurück. Er befaßt sich mit der Frage, in welcher Menge im Körper abgelagerte radioaktive Stoffe schädlich sind. Die ersten Fälle mit tödlichem Ausgang, die sich über einen Zeitraum von 2 Jahren erstrecken, enthielten zw. 30—180 µg rad. Substanz. Eine weitere Reihe von Fällen, die länger brauchten um in Erscheinung zu treten, halten zw. 20—30 µg; bei diesen zeigten sich Knochenerkrankungen anderer Art als die Kiefernekrose, meistens Sarkome. Bei Fällen um 15 µg erlebt man es, daß mit der Zeit eine weitgehende Knochenzerstörung über das ganze Skelett sich ausbreitet. Ein Fall mit annähernd 2—3 µg Aktivität weist mehrere von selbst aufgetretene Rippenbrüche und Knochenzerstörung um die Beckengegend auf. Mehrere Fälle mit 1—2 µg fingen an über Schmerzen in den Knochen und Unruhe in den Zähnen sich zu beklagen. Viele dieser Fälle enthielten wahrscheinlich früher mehr Radium als zur Zeit der Untersuchung nachzuweisen war. Abgesehen von Dauer und Stärke der Einwirkung scheint für die Schädigung eine gewisse Anfälligkeit bedingt, durch Gesundheitszustand und Widerstandskraft, sowie das Ausscheidungsvermögen ausschlaggebend zu sein. Sehr häufig wurde die

Erkrankung zu spät oder nur durch Zufall erkannt. In verschiedenen Fällen führte der Arzt, bezw. der Zahnarzt die aufgetretenen Krankheitserscheinungen auf andere Ursachen zurück und erst die zufällige Angabe des Berufes (Arbeit in Leuchtuhrenfabrik) führte nach langer erfolgloser Behandlung zur Feststellung der gewerbl. Radiumvergiftung. Sehr gefährlich ist oft auch die Länge der Zeit, die vergeht, bis erkennbare Krankheitszeichen auftreten. Solche Anzeichen sind oft ein loser, auf Eiter sitzender Zahn, ein unbestimmter Schmerz in Schulter, Wirbelsäule, Beckengegend oder Fuß. Oft ist dann eine Behandlung schon zu spät, oder äußerst langwierig. So berichtet Flinn, neben verschiedenen anderen Fällen von einem Mädchen, das seit 1918 nicht mehr in Arbeit (Leuchtfarben) stand, Kinder gebar und scheinbar völlig gesund war bis nach Jahren (1929?) plötzlich von selbst ein Oberschenkelbruch auftrat, der scheinbar heilte. 2 Jahre später kam es zu einem 2. spontanen Bruch, etwa 11 cm oberhalb des ersten, der nicht heilen wollte. Die Zähne des U. K. wurden lose und zeigten immer mehr Neigung zum Ausfall. Eine Untersuchung des Mädchens ergab eine Radioaktivität von 10 µg. Schädigung der Zähne, Kiefer und Mundschleimhaut sind wie wir sehen, ein frühzeitiger und häufiger Befund einer gewerbl. Schädigung in Leuchtfarbenbetrieben. Die Veränderungen kommen in der Regel zuerst dem Zahnarzt zu Gesicht. Dessen Aufgabe ist es in solchen Fällen an die Möglichkeit einer Berufsschädigung zu denken und eine genaue Untersuchung zu veranlassen.

Zum Nachweis der radioaktiven Substanzen im Gewebe, der zur Sicherung der Diagnose unerläßlich ist, stehen 5 Proben zur Verfügung.

1. Nachweis der Radioaktivität der Ausatmungsluft durch Elektroskop,
2. Nachweis durch Jonisation einer vom Körper des Patienten ausgehenden γ Strahlung,
3. Nachweis der γ Strahlung durch Elektronenzähler.
4. Nachweis der Radioaktivität der veraschten Fäzes (es werden täglich 0,005% des fixierten Radiums durch den Darm entleert), ebenso dieselbe Untersuchung des Harns. (Urin enthält 1/10 der täglichen Ausscheidung).
5. Nachweis der Radioaktivität entfernter Zähne und Knochenstücke (auch Selbstphotographie).

Sind diese Proben negativ, so kann nach Flinn trotzdem eine Radiumvergiftung vorhanden sein. Nach seiner Meinung ist selbst bei Ausscheidung des gesamten Radiums die Kraft, z. B. zur Knochenerzeugung hin und es geht eine allmähliche Absorption lebensunfähigen Knochens weiter. Der Nachweis einer Radiumvergiftung am Lebenden ist meist äußerst schwer zu führen, namentlich in der ersten Zeit; erst nahe dem Ende zeigt sich ein durch Radium hervorgebrachtes charakteristisches Blutbild. Das beste Hilfsmittel ist die Untersuchung der Ausatmungsluft durch das Elektroskop. Diese ist eine wertvolle Ergänzung der Blut-, Röntgen und eingehenden allgemeinen klinischen Untersuchung, die unbedingt stattfinden muß. Außer der Ausatmungsluft sind für die elektroskopische Untersuchung auch die natürlichen Ausscheidungen des menschlichen Körpers zu berücksichtigen.

Die Behandlung der Radiumvergiftung erfordert sofortige Entfernung aus dem Beruf. Empfohlen wird forzierte Kalzium- und Vitamintherapie;

ferner Mittel zur Blutneubildung, z. B. Leber, (möglichst in frischer Form), Magenpräparate, Ferrosulfate, Bluttransfusion, Höhenklima.

Die Erfolge sind nicht besonders günstig und berechtigen zu keinen großen Erwartungen.

Radiumkater.

Zum Schluß sind noch leichtere Störungen des Allgemeinbefindens, der sogenannte Radiumkater anzuführen. Hierbei handelt es sich um einen dem Röntgenkater analogen, in seinen Auswirkungen aber schwächeren Prozeß. Der Radiumkater äußert sich in großem Unbehagen, Brechneigung, Müdigkeit, und starken Schlafbedürfnis, Kopfschmerzen, erhöhter Reizbarkeit, Anfälle von Schwindel und leichter Ohnmacht. Diese Beschwerden treten besonders bei Beginn der Beschäftigung, bezw. bei Wiederaufnahme nach längerer Unterbrechung auf und sind eine fast ausnahmslose Erscheinung bei den in Radiuminstituten und Betrieben arbeitenden Personen. Die Grade dieser Störungen sind abhängig von der Dauer und Art der Beschäftigung; auch bestehen erhebliche individuelle Unterschiede der Empfindlichkeit. So scheint der Organismus der Frau empfindlicher zu sein, als der des Mannes. Gudzent konnte in einigen Fällen Störungen der Keimdrüsen erkennen, die Menses waren gegen früher verändert, schmerzhafter und den Organismus stärker angreifend.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Arbeit mit radioaktiven Substanzen nicht ungefährlich ist. Schädigungen der Haut und Allgemeinerkrankungen, zum Teil schlimmster Art, sind die Folge. Mit der Erkenntnis dieser Berufsschäden taucht natürlich die Frage der Verhütung, bezw. Einschränkung derselben auf. Eine Verbesserung der Verhältnisse und eine Verminderung der Gefahren kann nur durch sorgfältige Vermeidung der Aufnahme von radioaktiven Material in den Körper und wirksamen Strahlenschutz erzielt werden. Hierbei ist in erster Linie zu fordern, daß alle Personen die mit radioaktiven Substanzen beruflich zu tun haben, eingehend über die Gefahren derselben belehrt werden (sowohl mündlich als auch durch Merkblätter). Bei der Arbeit ist streng darauf zu achten, daß alle Vorsichtsmaßnahmen und Anordnungen sorgfältig eingehalten werden. Als solche kommen in Frage:

1. Vermeidung der direkten Berührung radioaktiven Materials;
   a) durch Verwendung von Pinzetten, langstieligen Zangen, Gummihandschuhen;
   b) durch Tragen zweckmäßiger (hochgeschlossener) Arbeitskleidung,
2. Vermeidung der intensiven, direkten Strahlenwirkung hochaktiver Präparate:
   a) möglichste Fernhaltung aus unmittelbarer Nähe derselben;
   b) Aufbewahrung der Präparate in Behältern mit genügend dicken Bleiwänden;
   c) Verwendung möglichst handlicher Apparatur bei der therapeutischen Verwendung. (Plattenförmige Apparate sollen mit dicken Metall-

schichten hinterlegt werden und mit kleinen Handgriffen versehen sein;

d) Tragen von Bleischürzen und Bleiplatten und entsprechende Metallverkleidung der Arbeitsplätze.

3. Schutz gegen Einatmung von Emanation und Staub:

a) ausgiebige und häufige Entlüftung der Arbeitsräume,

b) Arbeiten unter einem besonderen Glasschutzkasten (z. B. Verreiben und Sieben trockener Leuchtfarben),

c) Arbeiten unter gut wirkenden Abzügen (wenn Emanation frei wird).

Zu all diesen technischen Schutzmaßnahmen hinzu ist besonderes Augenmerk auf den Gesundheitszustand des Personals zu richten. Es hat eine dauernde ärztliche Überwachung desselben durch Untersuchungen, beginnend mit der Einstellung und fortlaufend in etwa ½jährigen Intervallen stattzufinden. Ebenso ist eine genaue Kontrolle des Blutbildes unerläßlich. Weiterhin verlangt die gesundheitsgefährdende Tätigkeit verkürzte Arbeitszeit, öfteren Erholungsurlaub und Wechsel der Beschäftigung bezw. Ablösung schon bei geringsten Anzeichen einer Schädigung.

Bei größter Vorsicht und Einhaltung aller Bestimmungen wird es dann möglich, die Berufsschädigungen auf ein kleines Maß zu beschränken. Ganz zu vermeiden sind sie aber nicht; denn einen absolut sicheren Schutz bieten auch die technischen Vorrichtungen und das Tragen von entsprechender Kleidung nicht. Die Benutzung von Zangen, Pinzetten und Handschuhen ist bei der Arbeit sehr hinderlich, erschwert sie ungeheuer und läßt sich nicht immer durchführen; denn der geringste Substanzverlust durch Verspritzen, Vergießen, Entfallen ist mit großen Wertverlusten verbunden. In der Therapie läßt sich beim Montieren der Träger das Anfassen mit den Fingern schwer umgehen, speziell beim Anbringen des Filters für die Sekundärstrahlen. Auch die Absaugung von Emanation wird sich nicht immer und überall wirksam durchführen lassen.

Alle diese Umstände dürfen uns jedoch nicht hindern, Verbesserungen und neue Möglichkeiten zu einer vollkommenen und wirksamen Schutz gegen die Schäden radioaktiver Substanzen zu suchen.

SCHRIFTEN-NACHWEIS:

1. Amundsen: Blutveränderungen bei Radiologen und rad. Personal. Acta radiologica 3. H. 1 1924.
2. Beutel u. Woldrich: Klinische und röntgenolog. Beobachtungen über die Entwicklung des Joachimstaler Bronchialcarcinoms. Zschr. f. Krebsf. 1931, Bd. 34. H. 1/3.
3. Dautwitz, Fritz: Die durch Beruf und Arbeit mit radiumhaltigen Materialien und Präparaten entstehenden Hautschäden. Ullmann, Oppenheim u. Rille; Schädigungen der Haut Bd. I.
4. Doeneke (klin. Teil) und Belt (path.-anat. Teil): Über tödliche Lungenfibrose bei gewerblicher Radiumschädigung in Frankf. Zschr. f. Path. Bd. 42 H. 1/3.
5. Droschl: Ein Fall von mehrfachen Radiumkrebsen in Zschr. f. Krebsf. 1933 Bd. 38.
6. Dr. Ellinger, Friedrich: Die biologischen Grundlagen der Strahlentherapie in „Strahlentherapie" Sonderbd. 20.
7. Flinn: Eine neue Berufskrankht. Ref. in Fortschr. auf dem Geb. d. Röntgenstr. XXXII. Bd. 2, S. 630.
8. Flinn, Frederick, Ph. D. New-York: Gefahren innerer Radiumtherapie aus Archives of Physical Therapie, X-Ray Radium with International Abstract Offic. J. Amer. Congress of Physical Therapy Vol. XIII. August 1932 Nr. 8. — Übersetzt v. Studienrat Dr. Henze und Badearzt Dr. med. Steinke, Radiumbad Oberschlema.
9. Flaskamp Dr. Wilhelm: Über Röntgenschäden und Schäden durch radioakt. Substanzen, Strahlentherapie Sonderband 12.
10. Friedländer, Wilhelm: Mesothoriumschädigung durch Beruf und Verarbeitung in Ullmann, Oppenheim und Rille: Schädigungen der Haut Bd. I.
11. Gudzent u. Halberstaedter: Über berufl. Schädigungen durch raidoaktive Substanzen in Deutsch. med. Wschr. 1914, Nr. 13.
12. Gutzeit: Erkrankung durch Röntgenstrahlen und andere strahlende Energie. Klin. Wschr. 1830. Bd. I.
13. Koelsch, Franz: Handbuch der Berufskrankheiten. Jena 1935.
14. Krebs, Adolf: Das Verhalten des Herzens bei Einführung radioaktiver Substanzen in den Organismus. Z. Kreislaufforschung 28 (1936).
15. Kuznitzky und Guhrauer: Radium und Mesothorium in Handb. d. Haut- und Geschl. Krkh. Bd. V_2 Jul. Springer, Berlin.
16. Kuznitzky und Jacoby: Thorium X. Handb. d. Haut- u. Geschl. Krkh. Bd. V_2, Jul. Springer, Berlin.
17. Lazarus: Handbuch der gesamten Strahlenheilkunde.
18. Leake James P.: Radiumvergiftung, Ref. i. Zbl. f. d. ges. Radiologie 1932. Bd. 13.
19. Löwy: Über die Joachimsthaler Bergkrankheit. Med. Klin. 1929. Bd. 1 S. 141.
20. Martland: Arch. Path. 1926. Bd. 2. (Leuchtmasse).
21. Martland u. Harrison: Das Vorkommen von Bösartigkeit in radioaktiven Individuen. Ref. in Zschr. f. Krebsforschg. 1932. Bd. 36. H. 4/5. S. 53.
22. Meyer Dr. Hans: Lehrbuch der Strahlentherapie, Verlag Urban und Schwarzenberg.
23. Neitzel Dr. Erich: Berufsschädigungen durch radioakt. Substanzen. Verlag Joh. Ambr. Barth, Leipzig.

24. Raimond, Berry, Newark: Vergiftung durch Radium, Ref. in Med. Welt, 1928. S. 1360.
25. Rajewsky, B.: Untersuchungen zum Problem der Rad.vergift. Strahlentherapie Bd. 56, 1936.
26. Rostocky und Saupe: Die Bergkrankheit der Erzbergleute in Schneeberg in Sachsen, klin. Teil, Schmorl pathol. Teil in Zschr. f. Krebsfg. 1926 Bd. 23 H. 4/5 S. 360.
27. Rutherford, E.: Die Radioaktivität, Berlin 1907.
28. Saupe, Erich: Der Lungenkrebs der Scheeberger Bergleute. Med. Welt 1928. S. 1600.
29. Schilling: Über die vorsorgliche Erkennung und Verhütung von Strahlenschäden, Med. Welt. 1932. Bd. 2.
30. Sikl: Über den Lungenkrebs der Bergleute in Joachimstal. Ztschr. f. Krebsf. 1930. Bd. 32 S. 609.
31. tSoklasa, Julius (Prag): Die Bedeutung d. Luftradioaktivität für die Entstehung der Joachimstaler und Schneeberger Bergkrankheit. Deutsche med. Wschr. 1933 S. 1199.
32. Stoklasa, J.: ber den Einfluß der α, β und γ Strahlen des Radiums auf die aerobe Atmung. Strahlentherapie 43, H. 3/4. S. 697.
33. Tönges, Elisabeth und Heinrich, H. Kalbfleisch: Ein zweiter Fall von tödlicher Lungenfibrose infolge gewerbl. Radiumeinwirkung. Frankf. Zschr. Path. 50 (1936).
34. Walkoff: Die erste biologische Radiumwirkung. Münchner med. Wschr. 1913. Nr. 36.
35. Wegelin: Zur pathol. Anatomie der Röntgenanämie. in Beitr. zur pathol. Anat. Bd. 84 H_2 (1930).
36. Winkler: Berufsdermatosen in Schweizer med. Wschr. 1925. Bd. 1.
37. Woldrichs: Blutveränderungen der Radiumarbeiter Joachimstal. Med. Klinik 1931 S. 17.
38. Ziel: Gesundheitstechnische Vorkehrungen bei der Radiumgewinnung in Joachimstal in Med. Klinik 1930. S. 623.
39. Zum Pusch: Über eine neue Berufskrankheit bei der Arbeit mit radioaktiven Substanzen. Ref. zweier amerikanischer Arb. von Hoffmann, Martland, Conlon, Knef in Schweiz. med. Wschr. 1926. S. 278.

LEBENSLAUF

Im 21. Juni 1909 wurde ich in Obernzell a. D. geboren. Die Volksschule besuchte ich in Obernzell und Fürstenstein. Von hier kam ich ans human. Gymnasium Passau und später nach Burghausen, wo ich im März 1931 das Reifezeugnis erwarb. Im Wintersemester 1931 kam ich an die Universität München und studierte Zahnheilkunde bis Sommer 1935. Im Oktober 1935 unterzog ich mich der zahnärztlichen Schlußprüfung und bekam 10. Januar 1936 die Approbation als Zahnarzt.

Josef Aumüller.